

*ANALYSE DES PLANTES
ET PROBLÈMES DES
FUMURES MINÉRALES*

*PLANT ANALYSIS
AND
FERTILIZER PROBLEMS*

3172. -- Imprimerie JOUVE, 15, rue Racine, Paris. — 5-1957
Dépôt légal : 2^e trimestre 1957

PLANT ANALYSIS
AND FERTILIZER PROBLEMS

PFLANZENANALYSE UND PROBLEME
DER MINERALISCHEN DUNGEMITTEL

ANALYSE DES PLANTES
ET PROBLÈMES DES FUMURES MINÉRALES

INSTITUT DE RECHERCHES POUR LES HUILES ET OLÉAGINEUX



PLANT ANALYSIS AND FERTILIZER PROBLEMS

PFLANZENANALYSE UND PROBLEME DER MINERALISCHEN DUNGEMITTEL

ANALYSE DES PLANTES ET PROBLÈMES DES FUMURES MINÉRALES

Colloque organisé par l'I. R. H. O., sous la présidence de

T. WALLACE

Professeur à l'Université de Bristol
dans le cadre du VI^e Congrès International de la Science du Sol
Paris, 1956

I. R. H. O.

11, Square Pétrarque — PARIS (16^e),

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Liste des participants au colloque	3
Préface (français, anglais, allemand)	5
L. MAUME. — Ouverture du colloque	9

I. — QUESTIONS GÉNÉRALES

T. WALLACE (U. K.). — Methods of Diagnosing the Mineral Status of Plants	13
J. C. CAIN (U. S. A.). — Some Problems of Foliar Diagnosis for Orchard Fertilizer Recommendations	23
M. V. HOMÈS et G. H. J. VAN SCHOOR (Belgique). — Composition minérale du tabac en fonction du milieu nutritif	32
G. H. J. VAN SCHOOR (Belgique). — Composition minérale du cotonnier en fonction du milieu nutritif	54
M. J. CHKOLNIK, M. M. STEKLOVA, N. A. MAKAROVA, N. V. KOVALIEVA, et V. N. GRETCHISTCHEVA. — Rôle physiologique du bore chez les plantes	69
P. GOUNY (France). — Observations sur les relations entre la composition minérale de la plante et le rendement	87
E. J. HEWITT (U. K.). — Some Aspects of the Relationships of nutrient Supply to nutrient Uptake and Growth of Plants as revealed from Nutrient Culture Experiments	104
D. J. D. NICHOLAS (U. K.). — An Appraisal of the Use of Chemical Tissue Tests for Determining the Mineral Status of Crop Plants	119
V. TSERLING (U. R. S. S.). — Le diagnostic du besoin des plantes en engrais	140
L. LEYTON (U. K.). — Needle Composition in Relation to the Growth and Nutrition of Japanese Larch	143
C. O. TAMM (Suède). — The Effects of Nitrogen Fertilization on Tree Growth and Foliage Composition in a Forest Stand	150
J. A. COOK et T. KISHABA (U. S. A.). — Using Leaf Symptoms and Foliar Analyses to diagnose Fertilizer Needs in California Vineyards	158
P. PREVOT et M. OLLAGNIER (France). — Méthode d'utilisation du diagnostic foliaire	177

II. — OLIGO-ÉLÉMENTS

P. A. WLASSJUK (U. R. S. S.). — Verbesserung der Pflanzennährungsbedingungen durch Mangandüngemittel	195
E. BEYERS (Union South Africa). — Occurrence and Correction of Micro-Element and Magnesium Deficiencies in Deciduous Orchards and Vineyards in the Union of South Africa	201

J. MAISTRE (France). — Contribution à l'étude de la nutrition minérale de l'arachide. La carence borique et ses effets	215
N. WELLS (Nouvelle-Zélande). — Lime-Superphosphate Fertilizer Top-dressing of Soils Derived from Basalt and Andesite and its Effect on Element Levels of a Grass.	224
R. GASSER et J. MÜLLER (Suisse). — Behandlung von Pflanzen zur Bekämpfung der Eisenchlorose.	231

III. — ANALYSE DU SOL ET DE LA PLANTE

R. L. MITCHELL, J. W. S. REITH et I. M. JOHNSTON (U. K.). — Soil Copper Status and Plant Uptake.	249
M. OLLAGNIER et P. PREVOT (France). — Comparaison du diagnostic foliaire et de l'analyse des sols pour la détermination des besoins en engrais	262
H. R. OPPENHEIMER (Israël). — The Influence of the Soil on the Development and the mineral Composition of the Aleppo Pine	272
W. S. ILJIN (Venezuela). — Tropical Soils and the Chemical Composition of Plants.	281

IV. — CULTURES PÉRENNES

C. BOULD (U. K.). — Recent Work on Foliar Diagnosis in relation to the Nutrition of some Deciduous Trees and Soft Fruit Crops.	299
A. BOUAT (France). — La fumure de l'olivier : la solution apportée par le diagnostic foliaire	311
J. C. PRALORAN et F. MINOT (Maroc). — L'alimentation minérale des orangers d'après l'analyse des feuilles.	322
J. LIWERANT (France). — Influence du mode d'application des engrais sur leur efficacité en culture fruitière.	338
G. REINKEN (Allemagne). — Über das Aneignungsvermögen von Apfelbäumen für schwerlösliche Phosphate.	351
E. R. BEAUFILS (France). — Recherche d'une exploitation rationnelle de l'hévéa d'après un diagnostic physiologique reposant sur l'analyse minérale de diverses parties de la plante.	360
H. BROESHART (Congo Belge). — Some Aspects of Mineral Deficiencies and the Chemical Composition of Oil Palms.	377
J. F. LÉVY (France). — Résultats obtenus grâce au diagnostic foliaire de la vigne.	384

V. — CULTURES ANNUELLES

J. BELEY (France). — Mode de prélèvement des échantillons de feuilles de riz en vue du diagnostic foliaire.	397
J. DULAC (France). — La relation « azote-rendement » chez les céréales. .	400

Méthode d'utilisation du diagnostic foliaire

par

P. PREVOT et M. OLLAGNIER

Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux, Paris.

I. — BASES PHYSIOLOGIQUES DU DIAGNOSTIC FOLIAIRE

Les rapports présentés à ce Colloque ont montré combien est délicate l'interprétation des résultats obtenus par le diagnostic foliaire.

Ceci ne surprendra personne puisque non seulement les facteurs internes de la plante agissent les uns sur les autres, mais sont aussi en réactions réciproques avec l'ensemble des facteurs externes.

Le diagnostic foliaire essaie, dans un but d'application pratique, d'inclure dans une équation rendement et teneur en éléments minéraux :

$$R = f (\% \text{ éléments minéraux}) (1).$$

Mais les deux termes dépendent de tant de facteurs intermédiaires que l'on pourrait douter de la possibilité de trouver une relation valable.

Le rendement d'un végétal est en effet contrôlé par l'action réciproque de facteurs internes et externes et la nutrition minérale de la plante n'est qu'un des multiples facteurs du rendement. Son importance par rapport aux autres facteurs dépendra des circonstances de temps et de lieu, comme l'ont montré par exemple les recherches de Cléments (1952) sur la canne à sucre, recherches qui mettent en évidence l'importance primordiale de l'insolation.

Cependant, d'une manière générale, le rendement est une fonction de la croissance :

$$R = f (c) (2).$$

Cette deuxième fonction sera de nature plus ou moins complexe selon le végétal. Pour le palmier à huile, la relation (2) est assez simple (chaque feuille porte une inflorescence ; il n'y a pas de ramification du stipe) ; elle est complexe chez l'arachide (Prevot 1949) où toutes les ramifications portent des fleurs, la formation de gynophores et la production de gousses « utiles » étant localisées presque uniquement sur les nœuds de la base. Dans ce cas, il n'est pas surprenant de constater parfois une relation curvilinéaire entre croissance et rendement, aboutissant à ce que l'on appelle une « consommation de luxe ». La relation peut même parfois être négative.

L'étude de la croissance et du développement de la plante est donc nécessaire pour interpréter correctement les expériences agronomiques et les résul-

tats du diagnostic foliaire. Les recherches de Rothamsted (Watson 1952), de Liège (Bouillenne 1940), les études biométriques sur le tabac de Schwartz (1949) sont des exemples d'interprétation physiologique d'expériences agronomiques.

L'analyse des résultats du diagnostic foliaire doit aussi s'appuyer sur les études théoriques et notamment sur l'analyse des rapports entre concentration de la solution, accumulation des ions et croissance. A cet égard, la culture des tissus fournit une technique efficace (Heller 1953).

La relation entre la concentration de la solution en un élément donné et la quantité absorbée et la relation entre concentration et crois-

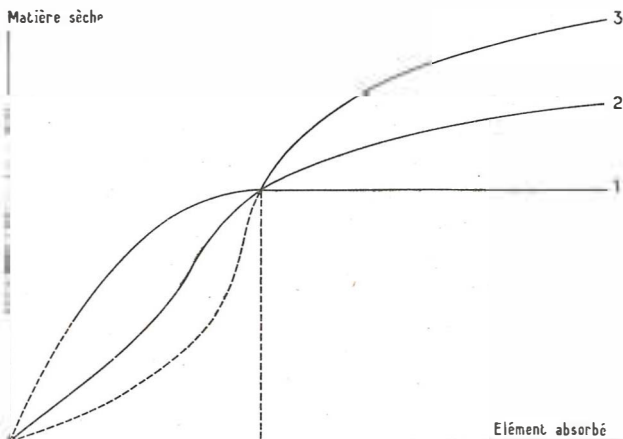


FIG. 1. — Relations générales entre croissance et quantité d'éléments absorbés (d'après Steenbjerg).

sance sont schématiquement de même type et aboutissent à une relation générale entre croissance et quantité absorbée (Fig. 1 d'après Steenbjerg 1954).

Mais la relation qui nous intéresse plus spécialement, pourcentages d'un élément dans les tissus-croissance, est plus complexe.

En effet, dans le cas de *cellules*

en voie de croissance, l'augmentation de la concentration de la solution en un élément déficient provoque, dans certaines limites, *simultanément* une augmentation de la quantité absorbée *et* de la croissance. L'effet sur le pourcentage en cet élément pourra être négatif, nul ou positif selon la valeur respective de l'augmentation de la vitesse de croissance et de la vitesse de l'absorption.

C'est pourquoi le diagnostic foliaire utilise des feuilles ayant terminé leur croissance et, comme l'absorption des ions est en rapport avec l'activité métabolique, des feuilles de même âge physiologique.

Cette simplification nécessaire ne résout pas cependant la difficulté. La feuille accumule les ions ; ceux-ci peuvent être exportés de la feuille vers les zones en voie de croissance rapide. C'est ainsi que les études de diagnostic foliaire montrent un appauvrissement en N, P et K avec l'âge de la feuille et un enrichissement en Ca, élément peu mobile.

Il en résulte que la relation générale pourcentage en élément-croissance est complexe. La relation générale pourcentage entre élément et rendement schématisée dans la fig. 2 l'est aussi.

Dans la partie « a » de la courbe, la déficience est accentuée et l'augmentation de croissance ou de rendement provoquée par l'adjonction de l'élément déficient est tellement importante que les pourcentages dans la feuille sont diminués ou n'évoluent pas (partie « b »). Dans la région de Louga (Sénégal), par exemple, on constate souvent une diminution (ou une stabilisation) des teneurs en azote de la feuille d'arachide, parallèlement à une augmentation de rendement, provoquée par l'application de sulfate d'ammoniaque.

Cesont plutôt les parties « c » et « d » de la courbe que l'on rencontre dans les cas de carences phosphorées au Sénégal.

Les cas de toxicité manganique mis en évidence dans la vallée du Niar; (Moyen-Congo) se situent dans la partie « e » de la courbe (Ollagnier et Prevot 1955).

Notre expérimentation sur arachide permet donc de donner des exemples précis pour les diverses portions de la courbe théorique que nous avons tracée. Cette courbe montre que l'interprétation des résultats pourra varier et être plus ou moins délicate selon les situations.

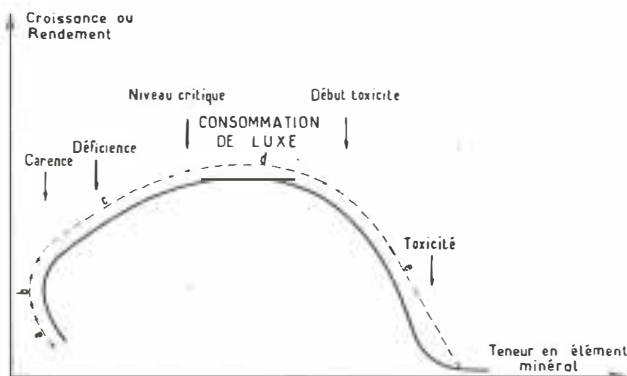


FIG. 2. — Relations générales entre croissance ou rendement et teneur en éléments minéraux.

II. — MÉTHODES INTERPRÉTATIVES

Quelle méthode d'interprétation convient-il donc d'adopter ?

D'une manière générale, certains chercheurs mettent l'accent sur les pourcentages des éléments dans la feuille, d'autres sur les rapports de ces éléments entre eux ou sur la définition de la composition minérale optimale.

Nous estimons que, dans l'état actuel de nos connaissances physiologiques, cette méthode d'interprétation ne doit pas être unique mais être adaptée aux divers problèmes rencontrés.

Nous tenterons de le montrer par les résultats des recherches poursuivies à l'Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux.

Dans l'étude du problème des fumures minérales, on se contente encore souvent de comparer plus ou moins empiriquement l'action de diverses formules d'engrais. Nous estimons que ceci est insuffisant.

1° MÉTHODOLOGIE DES RECHERCHES

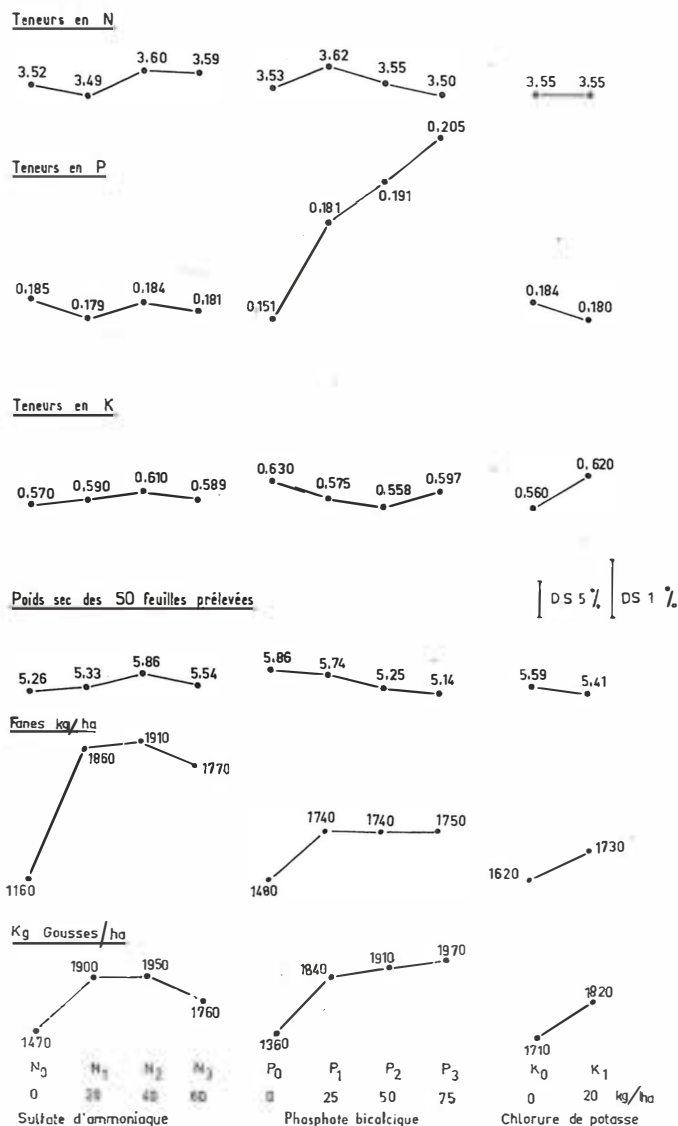


FIG. 3. — Expérience de la région de Darou (Sénégal 1955). Essai factoriel de type $4 \times 4 \times 2$ en 32 parcelles.

Un coup d'œil au graphique montre :

- 1° un effet significatif et important du phosphate bicalcique sur les rendements et sur les teneurs ;
- 2° un effet significatif du sulfate d'ammoniaque sur les rendements, surtout en fanes, mais non sur les teneurs.

L'accroissement très considérable des fanes a probablement provoqué un effet de dilution sur les teneurs en N ;

- 3° un léger effet, juste significatif, du KCl sur les rendements et les teneurs en K.

Nous dirons, schématiquement, que le problème de la fumure minérale doit résoudre les contradictions qui existent entre la plante et son milieu. Dans le cas d'une déficience, la plante a besoin d'un certain élément que le milieu ne peut pas lui fournir et le rôle de l'homme est de résoudre cette contradiction en apportant l'élément approprié. Nous pensons donc qu'au point de vue méthodologique, il est essentiel de saisir d'abord l'aspect principal de la contradiction entre la plante et son milieu (*).

Cet aspect principal de la contradiction que l'on peut assimiler à la loi des facteurs limitants de Blackman, peut être étudié d'une manière particulièrement efficace par l'utilisation d'expériences de type factoriel.

Pour l'arachide par exemple, les effets principaux et les interactions de premier ordre des éléments sont étudiés simultanément sur divers facteurs (rendement en gousses, en fourrage, au décortilage, teneurs en éléments minéraux).

Les résultats de ces expériences de type factoriel sont analysés mécanographiquement sur fiches perforées (Ollagnier et Gros 1955) et condensés graphiquement de telle sorte qu'un simple coup d'œil permet de voir les facteurs principaux limitatifs du rendement (voir fig. 3).

Depuis 1951, 194 expériences de fumure minérale ont été réalisées au Sénégal. D'une manière générale, l'application de faibles doses de fumure minérale allant de 100 à 120 kg. à l'ha procure un important bénéfice au cultivateur africain. L'étude de la nutrition minérale par le diagnostic foliaire et de son influence sur les rendements a permis de tracer après 4 ans de recherches une carte générale des fumures minérales pour la majeure partie du Sénégal.

A la suite de ces recherches, on a pu formuler des propositions de fumures différenciées suivant les principales régions.

2° NIVEAUX CRITIQUES

La première base que nous avons utilisée pour la détermination des déficiences et la recommandation de fumures minérales est la notion de niveau critique dont nous rappelons la définition arbitraire : « Pourcentage d'un élément dans une feuille au-dessous duquel l'application de cet élément sous forme de fumure minérale a de fortes chances d'augmenter les rendements ».

Nous n'entrerons pas dans le détail de la détermination de ces niveaux critiques pour l'arachide et le palmier à huile. Ce point a déjà été exposé dans diverses publications (Prevot et Ollagnier 1954-1950 à 1953).

Pour la détermination de ces niveaux critiques, il convient de disposer d'un nombre considérable d'expériences de fumure minérale où l'on peut

(*) Nous nous limitons dans ce cas au problème des fumures minérales. Il est bien évident que la contradiction principale entre la plante et son milieu peut être d'une autre nature que sa nutrition minérale, par ex. : son régime hydrique, l'ensoleillement.

suivre simultanément la réponse à l'engrais sur les rendements et sur les teneurs en éléments minéraux. C'est ainsi que sur le cocotier, la comparaison de diverses expériences de fumure minérale et de l'action de la potasse sur les teneurs et sur les rendements (voir Fig. 4) permet de fixer provisoirement ce niveau critique à 0,45 %. Les mêmes comparaisons ont été réalisées pour d'autres éléments sur le cocotier et sur le palmier à huile et, à l'heure actuelle, on peut proposer en première approximation les niveaux critiques suivants (tableau I).

TABLEAU I
Niveaux critiques pour le palmier à huile et le cocotier

	Palmier	Cocotier
Nc	2,50 %	1,70 %
Pc	0,15 %	0,10 %
Kc	1,0 %	0,45 %
Cac	0,60 %	0,50 %
Mgc	0,24 %	0,35 %

Valeurs pour un prélèvement réalisé en fin de saison sèche et pour la première feuille complètement développée et montrant une inflorescence à peine visible.

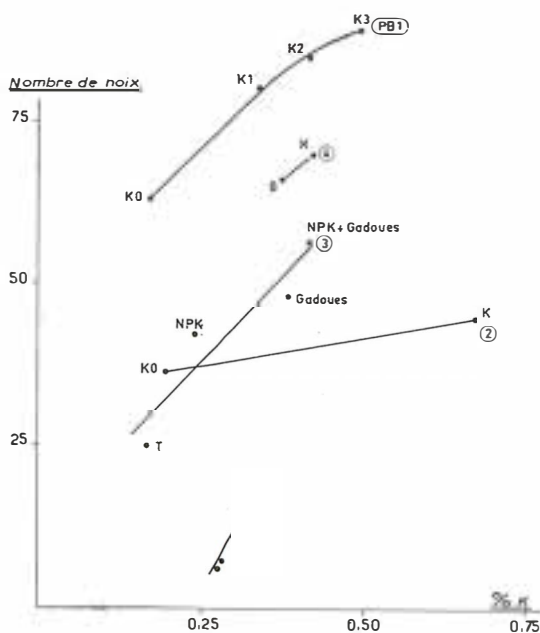


FIG. 4. — Comparaison de diverses expériences pour la détermination du niveau critique de la potasse sur cocotier.

3° INTERACTIONS

La deuxième base de notre interprétation est l'étude des actions réciproques des éléments à la fois sur les pourcentages et sur les rendements.

a) Relation N — P.

En voici un premier exemple sur l'arachide. Lors de nos premières études en 1951, nous avons évalué le niveau critique du phosphore à 0,2 %. Cependant, les expériences ultérieures, beaucoup plus nombreuses et portant sur des régions différentes, montrèrent rapidement que ce niveau critique ne permettait pas

l'interprétation de nombreux résultats. D'un autre côté, l'analyse des corrélations des éléments entre eux nous avait montré l'existence générale d'une très forte corrélation positive entre N et P. Nous sommes ainsi arrivés à déterminer une courbe d'évolution des % optima en P en fonction des % en N (fig. 5). Cette courbe donne les résultats des expé-

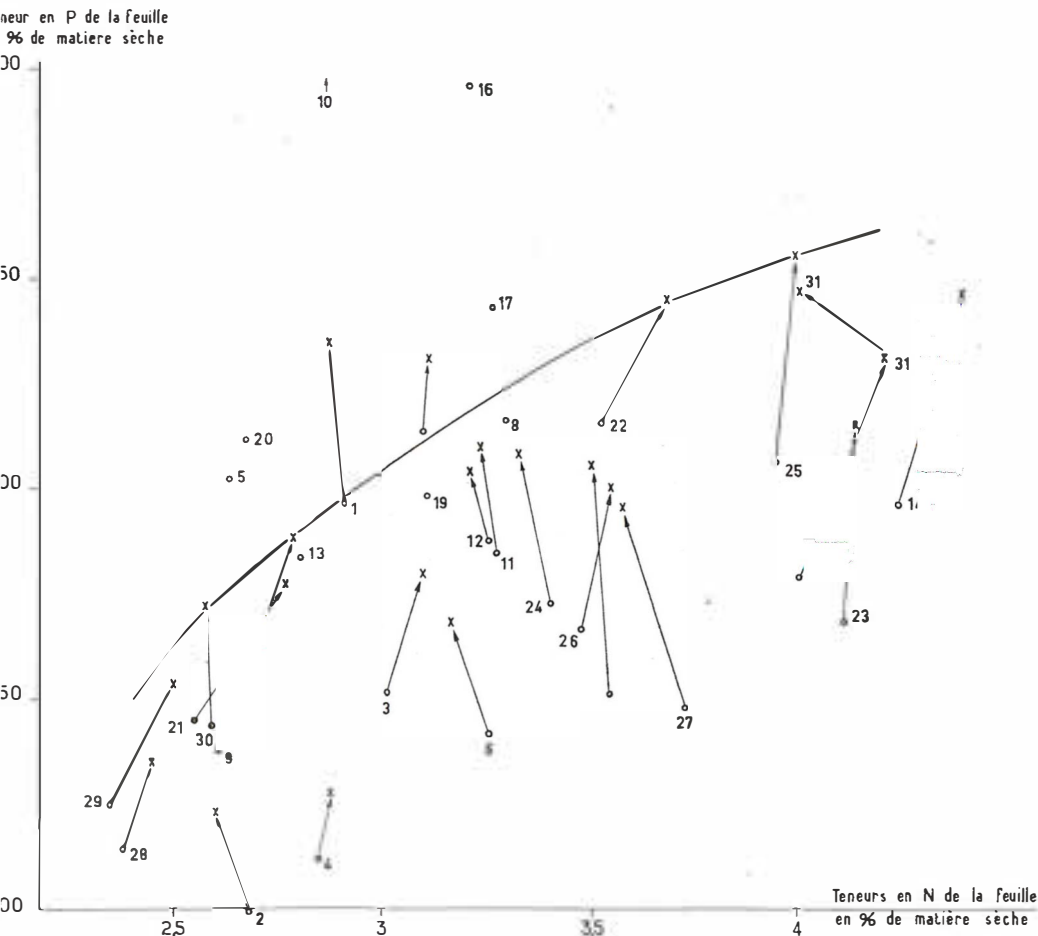


FIG. 5. — Courbe de la nutrition phosphorée optimale en fonction des teneurs en N (arachide). Les flèches indiquent l'évolution des teneurs sous l'effet de la fumure phosphorée.

riences de 1955 et montre l'évolution des % sous l'action des fumures phosphorées. Elle indique que, par ex., un % en P de 0,2 % pourra être déficitaire si le % en N dans la feuille est supérieur à 2,90 %, suffisant s'il est de 2,90 % et excédentaire s'il est de 2,60 %.

L'utilisation de cette relation % optimum en P — % en N permet

maintenant l'interprétation de presque tous les résultats expérimentaux. Ce point est développé dans une communication ultérieure (Ollagnier et Prevot).

b) *Produit N \times Poids sec.*

L'étude des % optima de N sur l'arachide a été assez délicate. Dans de très nombreuses expériences, l'augmentation de rendement due à la fumure azotée (en général du sulfate d'ammoniaque) ne s'accompagnait pas d'une augmentation des %. Souvent même, ces % étaient diminués. Nous observions aussi des situations où le sulfate d'ammoniaque augmentait la masse de matière verte sans accroître le rendement. Il était probable que ces expériences se plaçaient dans les parties « a » et « b » de notre courbe théorique. De plus, il est bien connu que les fumures azotées ont souvent une action importante sur la croissance végétative et il était nécessaire d'intégrer ce facteur dans notre interprétation.

Dans ce but, le poids sec des échantillons de feuille a été déterminé, ce qui permettait de calculer le contenu en N des échantillons de feuilles : % en N \times poids sec de l'échantillon.

La fig. 6 montre la relation générale entre contenu des feuilles en N et rendements. Les nombres d'échantillons ayant servi à l'établissement des valeurs moyennes sont indiqués près de chaque point.

Partant de cette relation générale, on a tracé une courbe des % en fonction des contenus en N délimitant une zone de nutrition azotée excédentaire et une zone de nutrition azotée déficitaire. Il est possible maintenant d'affirmer, avec peu de chance d'erreur, que si, par ex., le % de N est de 3,30 %, la nutrition azotée sera déficitaire si l'indice total en N de la feuille est de 8 gr., excédentaire s'il est de 14 gr. et de nouveau déficitaire s'il est de 20 gr. (Indice total = poids sec en grammes de 50 feuilles \times teneur en N en % du poids sec). (Voir fig. 7).

c) *Somme K + Ca + Mg.*

Une autre méthode a été utilisée sur le palmier à huile pour la détermination des niveaux critiques de K, Ca et Mg. On en trouvera un exposé plus détaillé dans le Rapport Annuel de l'I. R. H. O. 1952 ainsi que dans la communication faite au Colloque précédent.

Ici, nous avons profité du fait que chez le palmier à huile, la somme K + Ca + Mg est relativement constante et égale environ à 2 %. (Dans les conditions de notre échantillonnage bien entendu). Ceci permet une représentation tri-linéaire. Sur la figure 8, on voit que tous les points de nos analyses portant sur des régions aussi variées que la Côte d'Ivoire, le Dahomey, le Moyen Congo, Sumatra, la Malaisie, ne se répartissent pas au hasard, mais sont localisés dans une figure en forme de banane. Bien plus, les points obtenus ultérieurement par Broeshart (1955) au Congo Belge rentrent bien dans cette figure. On voit aussi que les « traitements favorables » (fumures minérales ou état sanitaire) font converger les points vers une zone opti-

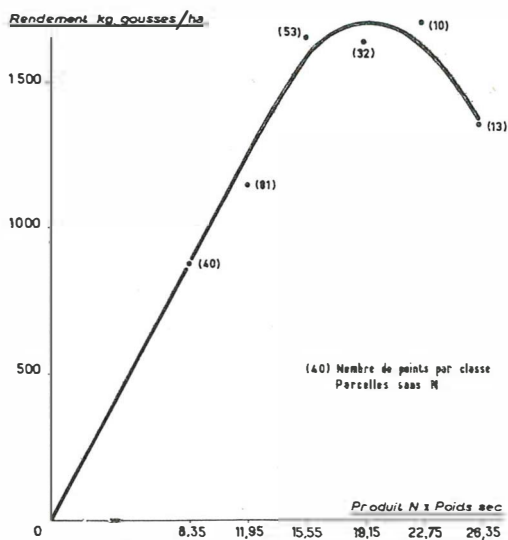


FIG. 6. — Relation entre rendements et « indice total en N » (produit % N x Poids sec).

FIG. 7. — Relation entre teneur en N et indice total en N.

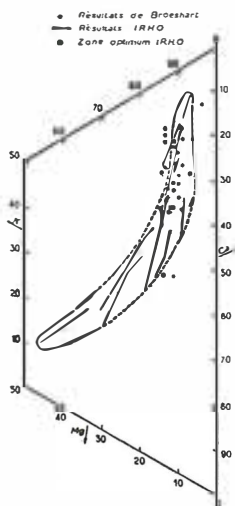
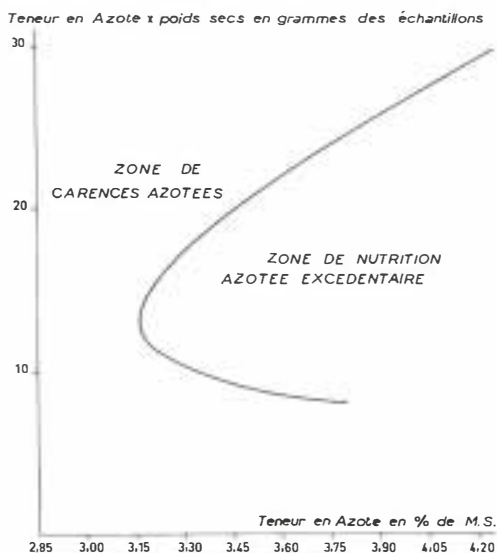


FIG. 8. — Représentation trilineaire des rapports K — Ca — Mg pour le palmier. Les points (.) correspondent aux résultats de Broeshart (1955). Les flèches indiquent l'évolution des rapports sous l'effet des traitements favorables.

male. Ceci a permis d'évaluer les niveaux critiques de K, Ca et Mg et aussi de définir les relations générales entre K, Ca et Mg comme on le voit dans la figure 9. Dans cette figure, c'est l'antagonisme K — Mg qui est prépondérant aux faibles % en K alors que c'est l'antagonisme K — Ca qui

domine aux forts % en K.

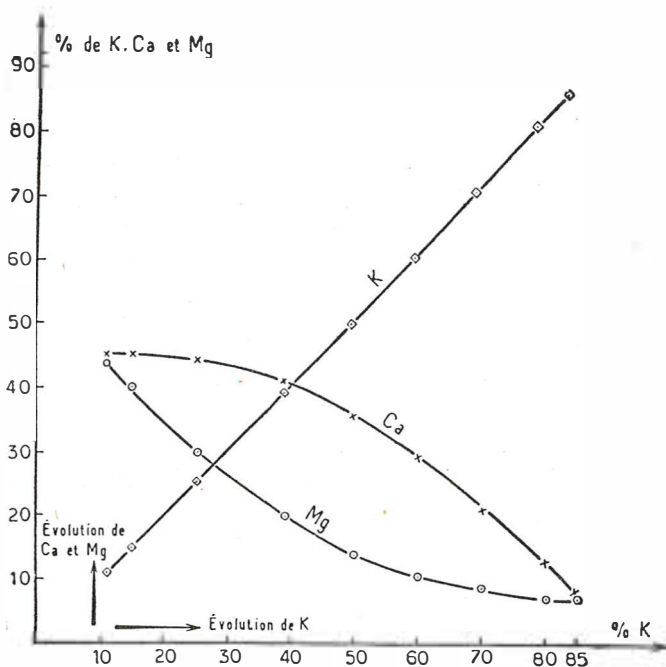


FIG. 9. — Evolution de la qualité de la nutrition Ca et Mg, en rapport avec celle de K.

sur 6 expériences : 4 réalisées au Dahomey, une en Côte d'Ivoire et une au Togo.

Dans la figure 10, on voit qu'il n'y a pas de relation nette entre % en K et Mg lorsque les parcelles expérimentales n'ont pas reçu de potasse. Les valeurs en K sont approximativement les mêmes pour les forts et faibles % en Mg. Lorsque la teneur en K est augmentée par la fumure, apparaît un antagonisme très net entre K et Mg.

La relation entre Na et Mg est de nature plus complexe (fig. 11). Pour les K faibles ; l'antagonisme Na-Mg ne se manifeste qu'aux faibles valeurs de Mg. (de 0,160 à 0,400 % environ). Parmi les K forts au contraire, l'antagonisme Na — Mg n'apparaît qu'aux fortes valeurs en Mg (entre 0,450 et 0,650 % environ). Ceci résulte de l'antagonisme K — Mg (fig. 10) et des relations entre K et Na que nous allons voir (fig. 12).

Ici, pour les K faibles, il n'y a pas de relation entre K et Na. Pour les K forts au contraire, existe d'abord un synergisme K — Na les % en K et Na augmentant simultanément. Nous avons porté sur un même diagramme les résultats obtenus sur des prélèvements réalisés au Mozambique Portugais

d) Relations K — Mg — Na

L'étude des relations entre K, Mg et Na s'est révélée intéressante sur le cocotier.

Dans cette analyse, nous avons séparé les parcelles qui n'ont pas reçu de KCl — nous les appellerons K faibles — et celles qui en ont reçu — nous les appellerons K forts, puisque dans ce cas les % en potasse des feuilles sont en général élevés. L'étude porte

par l'I. R. H. O. On voit qu'à partir de 0,50 ‰ de K, apparaît un antagonisme K — Na. La relation générale mise en évidence dans la fig. 12 explique les résultats parfois contradictoires obtenus dans l'étude des relations entre K et Na, certains auteurs observant un antagonisme et d'autres un synergisme K — Na.

e) Cas spéciaux.

Il est compréhensible que, sur 194 expériences de fumures minérales réalisées sur l'arachide, tous les résultats ne rentrent pas *sans exception* dans les relations générales que nous avons établies pour P ou pour N. Quelques expériences constituent des cas spéciaux dont l'étude est souvent instructive.

L'examen détaillé du mode d'action du sulfate d'ammoniaque révèle parfois une influence de cet engrais sur les ‰ en K, dans des zones à déficience potassique. Dans ce cas, l'effet favorable du sulfate d'ammoniaque ne peut pas être attribué à une carence azotée. Il est possible que l'action du sulfate d'ammoniaque soit indirecte : libération de K du sol par l'ion NH_4 . Ici aussi donc, le diagnostic foliaire permet une interprétation normale des exceptions parfois rencontrées.

Un exemple de même nature est donné par l'action indirecte d'une fumure phosphorée sur la libération du Mn du sol et la correction d'une carence manganique (Fruhstorper 1952).

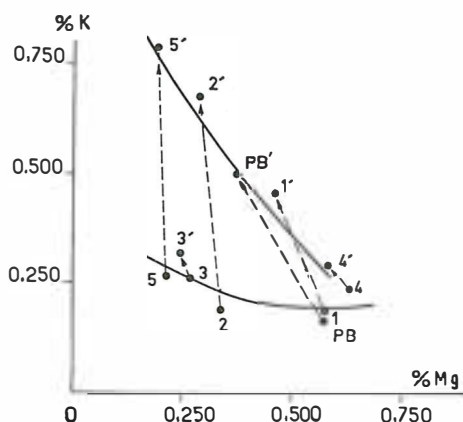


FIG. 10. — Relation entre K et Mg (cocotier).

Parcelles 1.....5 sans K.
Parcelles 1'.....5' avec K.

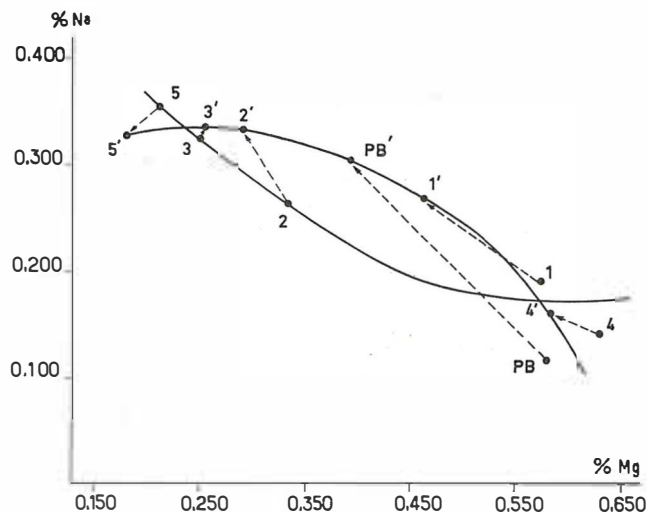


FIG. 11. — Relation entre Na — Mg (cocotier).

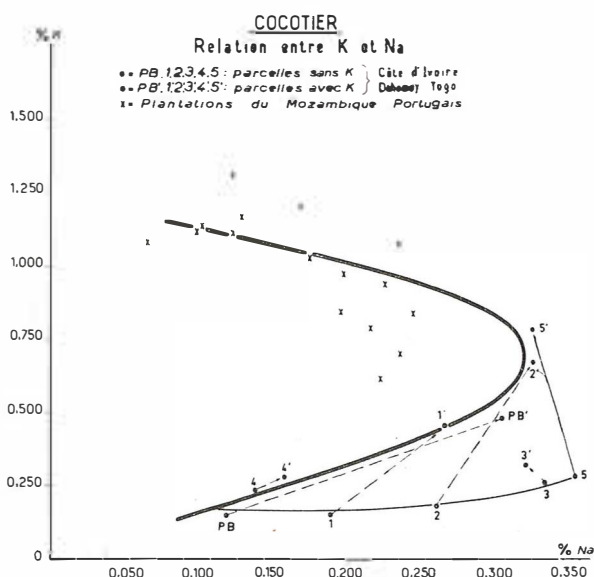


FIG. 12. — Relation entre K — Na (cocotier).

rendement de 1.000 kg de gousses d'arachide par application de 50 kg. de sulfate d'ammoniaque. La quantité d'azote exportée par le supplément de récolte était de loin supérieure à la quantité d'azote apportée par l'engrais. Une expérimentation ultérieure a démontré que le sulfate d'ammoniaque avait en réalité corrigé une carence en soufre, tout comme, chez Greenwood, le superphosphate avait agi principalement par son soufre (voir fig. 13).

III. — RÉSUMÉ

Nous avons essayé de montrer dans cet exposé, en nous basant sur les études réalisées à l'I. R. H. O., la nécessité de l'emploi de diverses méthodes interprétatives pour l'analyse des résultats du diagnostic foliaire : notion des niveaux critiques, évolution de ces niveaux selon les % en un autre élément (courbe N P), intégration d'un facteur de croissance (courbes % N \times Poids sec et rendement), interrelations des éléments entre eux (analyse des rapports K, Ca, Mg pour le palmier et K, Na, Mg pour le cocotier), étude de cas spéciaux.

D'autres communications à ce Colloque ont déjà souligné cette tendance moderne des recherches sur le diagnostic foliaire et il est bien probable que les études de physiologie végétale sur l'absorption et la translocation des éléments, leur rôle dans le métabolisme végétal, permettront dans l'avenir une interprétation encore plus complète des résultats.

A notre avis, le diagnostic foliaire constitue une méthode très efficace dans l'étude des fumures minérales, à la condition de ne pas être utilisé d'une

Dans les cas où le sulfate d'ammoniaque augmente les rendements sans agir sur les teneurs en N, nous avons vu que l'interprétation pouvait être trouvée dans un « effet de dilution » dû à une augmentation de croissance. Mais ce résultat peut indiquer aussi la présence d'une carence en soufre. C'est ainsi que sur certains types de sols de la région de Darou au Sénégal, nous avons obtenu une augmentation de



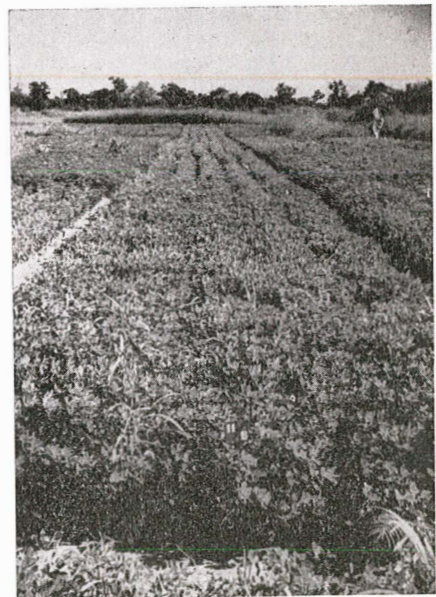
T



A



C



B

FIG. 13. — T : (P + K) ; R = 2 120 kg
 A : (P + K) + U ; R = 2 130 kg
 B : (P + K) + U + S ; R = 3 060 kg
 C : (P + K) + S. A. ; R = 3 030 kg

(P + K) = 60 kg de phosphate bicalcique et 20 kg de KCl
 épandus sur la totalité de l'essai.
 U = urée — 17,8 kg par ha.
 S = sulfate de soude — 95 kg par ha.
 S. A. = sulfate d'ammoniaque — 40 kg par ha.
 R = rendement en kg gousses par ha.

manière mécanique, mais de tenir compte dans la mesure de nos connaissances, des relations complexes entre la plante et son milieu. Les anomalies ou les échecs parfois constatés proviennent souvent d'une non-adaptation des méthodes interprétatives aux problèmes étudiés.

Pour terminer, il convient de rappeler l'importante remarque de Wallace : le diagnostic foliaire constitue une méthode parmi d'autres méthodes et il est toujours souhaitable de contrôler les résultats obtenus par l'utilisation simultanée de diverses techniques. Dans ce domaine aussi, le choix de la méthode sera souvent déterminée par le problème étudié.

BIBLIOGRAPHIE

1. BOUILLENNE, R., KRONACHER, P. et DE ROUBAIX, J. 1940. Note préliminaire sur les étapes du cycle végétatif de la betterave sucrière. Bull. Cl. Sc. Acad. Roy. Belg. 26 : 240-261.
2. BROESHART, H. 1955. The application of Foliar Analysis in Oil Palm cultivation. Thèse Univ. Wageningen, 114 p.
3. CLÉMENTS, H. F., SHIGURA G. et AKAMINE, E. K. 1952. Factors affecting the growth of the Sugar cane. Univ. Hawai Ag. Expt. Stat. Technical Bull., n° 18 : 1-90).
4. FRURSTORFER, A. 1952. Superphosphate as a manganese carrier Bull. Doc. Assoc. Int. Fabricants Super. 20 : 100-102).
5. HELLER, R. 1953. Recherches sur la nutrition minérale des tissus végétaux cultivés *in vitro*. Thèse Fac. Sc. Univ. Paris, 223 p.).
6. OLLAGNIER, M. et GROS, D. 1955. Utilisation des fiches perforées à 80 colonnes pour l'interprétation des résultats des expériences agronomiques factorielles (Revue de Statistique appliquée, III : 55-64).
7. OLLAGNIER, M. et PRÉVOT, P. 1955. Liaison entre dégradation du sol et toxicité manganique. Oléagineux, 10 : 663-666.
8. PREVOT, P. 1949. Croissance, développement et nutrition minérale de l'arachide Oléagineux coloniaux. Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux. Paris : 1-108.
9. PREVOT, P. et OLLAGNIER, M. 1954. Peanut and oil palm foliar diagnosis Interrelations of N, P, K, Ca, Mg. Plant Physiology 29 : 26-34.
10. PREVOT, P. et OLLAGNIER, M. Diverses publications dans Oléagineux, 1950 (557-562), 1951 (185-194), 1951 (329-337), 1953 (67-71), 1953 (843-851).
11. SCHWARTZ, D. et CUZIN, J. 1949. Croissance comparée de deux parcelles en culture : application à l'étude des engrais. C. R. Acad. Sc. Paris, 228 (23) : 1820-1822.
12. STEENBJERG, F. 1954. Manuring and Plant Production Anal. Plantes et Prob. Eng. Min. I. R. H. O. Paris : 31-34.
13. WATSON, D. J. 1952. The physiological basis of Yield variation. Advances in Agro-nomy, vol. IV : 101-145.

DISCUSSION

BROESHART (Congo-Belge). — *The data presented by Mr. Prevot suggest that it is impossible to fix a « critical level » for a particular element in the leaf for the following reasons :*

1) *Due to the shape of the curve, giving yield as a function of the leaf content, for instance P, a medium to normal P value may indicate either extreme P deficiency or normal condition.*

2) *It may be possible that for certain conditions when data of field experi-*

ments are available, the N content of the leaf may be used to correct the critical P content. However, in the case that no fertiliser experiments are available, one does not know if this finding may be applied in practice.

It may well be that critical P level in other cases is related to the K, Ca or Mg content of the leaf.

PREVOT. — Nous avons justement indiqué dans notre communication que la notion de « niveau critique » très utile comme première approximation, ne se suffit pas à elle-même. Dans le cas de P dans l'arachide, il n'y a pas un niveau critique, mais une série de valeurs optimales en liaison avec les teneurs en N. Il est bien certain que ces notions devront être modifiées au fur et à mesure que de nouvelles études préciseront les actions réciproques des éléments minéraux entre eux et aussi leurs réactions vis-à-vis d'autres facteurs de la physiologie de la plante : l'eau, la nutrition carbohydratée, les auxines etc... Mais en agronomie, on est bien obligé de tenter une interprétation préalable des résultats, sans attendre la découverte de tous les facteurs du problème.

BOULD (L. A. R. S. Bristol, England). — *Does Mr. Prevot think the term « critical concentration », first introduced by Macy, entirely suitable for foliar diagnostic work ?*

It implies a precise concentration, theoretically possible, but in practice optimum yields are associated with a limited range of nutrient concentrations.

R. — Le terme « niveau critique » peut en effet donner l'impression d'une précision qui ne correspond évidemment pas à l'imprécision inhérente à toute expérimentation agronomique. Il est bien entendu que lorsque nous parlons, comme Macy, de niveaux critiques, il s'agit de « zones » dont les limites inférieures et supérieures ne sont pas elles-mêmes mathématiquement déterminées. Nous retenons le terme « niveau critique » parce qu'il est imagé et concis.

HALAIS (Iles Maurice). — *L'introduction d'une correction de l'optimum P en fonction de la teneur en azote n'est-elle pas analogue à une correction en fonction de l'humidité dont la plante a pu disposer ; car il existe une forte corrélation positive entre eau et azote. Avec la canne à sucre, Clements aux Hawaï et Evans en Guyane anglaise, tiennent compte soit de la teneur en eau de la gaine ou des hauteurs de pluies tombées dans la quinzaine précédant l'échantillonnage des feuilles, pour interpréter la déficience en P d'après les teneurs foliaires.*

R. — Nous n'avons pas étudié cette corrélation possible.

LIWERANT (Toulouse). — *Je désirerais simplement demander s'il n'a pas été constaté que, pour produire une même récolte optimum, la zone critique de K_2O dans les feuilles était inférieure en sol calcaire qu'en sol acide ; autrement dit, que pour fournir un même rendement, la plante prélève moins de potasse en sol calcaire qu'en sol acide. Des observations faites sur vigne et sur pomme de terre semblent indiquer qu'il en est ainsi.*

R. — Sans pouvoir à l'heure actuelle préciser les niveaux critiques de K pour sols acides ou calcaires, nous avons trouvé en moyenne des teneurs en K nettement plus élevées sur sols très acides (pH 4,5 — 5,0 — Moyen-Congo) que sur sols moins acides (pH 6,0 — 6,5 — Sénégal).

MADGWICK (England). — *Analysis of data from two series of forest plots gives N/P of about 15 (range 12-17). However in a third series on sand overlying chalky boulder clay, the ratio is much lower c. 5. Is this related to the calcium in the soil ?*

R. — Il est possible que la chute du rapport N/P résulte simplement d'une mauvaise nutrition azotée sur sables appauvris en matières organiques.

WALSH (Dept. of Agriculture. Dublin). — *In looking into the whole question of mineral nutrition of plants, I think analysis for mineral constitution (and nitrogen) only is a relatively rough way of approaching the problem. For instance, in one work on the nutrition of tomatoes, we have found a critical level of K at 1%.*

With an increment of potassium, there was an increase in yield with a K level fall to 0,75%. This showed that it was not K deficiency in the plant which limited growth but rather a more basic physiological disturbance in the organic constitution of the plant. If we know more about such effects we would I think develop more accurate mechanism of assessment.

R. — Peut-être, dans l'expérience citée, s'agit-il d'un effet de dilution provoqué par une augmentation considérable de croissance. Mais nous sommes bien d'accord avec le D^r Walsh : des études plus poussées sur les relations entre éléments minéraux et métabolisme général de la plante permettront sans doute d'améliorer nos méthodes d'interprétation des résultats de diagnostic foliaire à ce point de vue, la notion de facteur limitant est du plus haut intérêt.
